



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV PROCESNÍHO A EKOLOGICKÉHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PROCESS AND ENVIRONMENTAL
ENGINEERING

ZDROJE ENERGIE A JEJÍ SPOTŘEBA

ENERGY SOURCES AND CONSUMPTION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JAN JANČÍK

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETR BOBÁK

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav procesního a ekologického inženýrství

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jan Jančík

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Zdroje energie a její spotřeba

v anglickém jazyce:

Energy sources and consumption

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce nemusí být založena pouze na rešerši, umožňuje studentovi projevit svou kreativitu. Zjištěné údaje je možné si ověřit vlastním měřením nebo průzkumem ve svém okolí. Pro zachycení vlastních úvah využít myšlenkových map atd.

Výsledky práce budou sloužit jako jeden z podkladů pro směřování výzkumného programu Centra nových technologií pro strojírenství (NETME Centre) při Fakultě strojního inženýrství VUT v Brně, konkrétně Laboratoře energeticky náročných procesů, v rámci které byl vybudován provoz průmyslové prádely jako model energeticky náročného procesu.

Cíle bakalářské práce:

Práce by měla obsahovat základní rešerši způsobů výroby energie (tepelné a elektrické) a úvahu nad tím, kde a jak se tato energie spotřebovává a jaké do ní má dopady. Student by měl objasnit veličiny jako výkon, příkon, termická účinnost, čistý energetický zisk, topný faktor apod. Část práce by se měla věnovat energetické náročnosti praní, resp. sušení prádla v domácnosti včetně praktického měření a vypracování odpovídajícího protokolu.

Seznam odborné literatury:

CÍLEK, V., KAŠÍK, M. Nejistý plamen. Dokořán, Praha 2008. ISBN 978-80-7363-218-2
Literatura dostupná z areálové knihovny FSI nebo internetových zdrojů.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Bobák

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 21.11.2013

L.S.

prof. Ing. Petr Stehlík, CSc., dr. h. c.
Ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Děkan fakulty

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá zdroji energie a její spotřebou. Hlavní část je věnována obnovitelným a neobnovitelným zdrojům energie. Součástí práce je také úvaha o spotřebě člověka a měření energetické náročnosti pracího cyklu v domácnosti.

Klíčová slova

energie, neobnovitelné zdroje, obnovitelné zdroje, spotřeba, měření pracího cyklu

Abstract

The bachelor's thesis deals with energy sources and consumption. The main part is dedicated to renewable energy sources and non-renewable energy sources. The work also includes consideration of human consumption and energy intensity measurement wash cycle in the home.

Keywords

energy, renewable energy sources, non-renewable energy sources, consumption, measuring of the wash cycle

Bibliografická citace práce

JANČÍK, J. *Zdroje energie a její spotřeba*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 45 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Bobák.

Prohlášení o původnosti práce

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně s využitím uvedených zdrojů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne 28. května 2014

.....
Jan Jančík

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Petru Bobákovi za vstřícnost, ochotnou pomoc, čas věnovaný konzultacím a užitečné rady při zpracování této práce.

Rád bych také poděkoval svým blízkým a rodině za všestrannou pomoc a podporu během celého studia.

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk	3
1 Úvod	4
1.1 Výkon	5
1.2 Příkon	5
1.3 Výhřevnost	6
1.4 Účinnost	6
1.5 Topný faktor	6
1.6 Čistý energetický zisk	6
2 Neobnovitelné zdroje	7
2.1 Ropa	7
2.1.1 Složení a vlastnosti	7
2.1.2 Výskyt a těžba	7
2.1.3 Výskyt v ČR	8
2.1.4 Zpracování a využití ropy	8
2.2 Uhlí	9
2.2.1 Složení a vlastnosti	9
2.2.2 Výskyt a těžba	10
2.2.3 Výskyt v ČR	10
2.2.4 Uhlé elektrárny	11
2.2.5 Uhlé elektrárny v ČR	12
2.3 Zemní plyn	12
2.3.1 Složení a vlastnosti	13
2.3.2 Paroplynové elektrárny	13
2.3.3 Paroplynové elektrárny v ČR	13
2.4 Jaderná energie	14
2.4.1 Druhy reakcí	14
2.4.2 Uran	15
2.4.3 Jaderné elektrárny	15
3 Obnovitelné zdroje	16
3.1 Sluneční energie	16
3.1.1 Fotovoltaika	17
3.1.2 Solárně-termické elektrárny	18
3.2 Vodní energie	19
3.2.1 Vodní elektrárny	20
3.2.2 Vodní elektrárny v ČR	21
3.3 Větrná energie	21
3.3.1 Větrné elektrárny	22
3.3.2 Větrná energie v ČR	22
3.4 Biomasa	23
3.5 Geotermální energie	23

4	Spotřeba člověka	24
5	Energetická náročnost pracího cyklu	26
5.1	Dílčí závěr měření	28
5.2	Návrh protokolu měření	29
6	Závěr	31
	Seznam použitých zdrojů	32
	Seznam příloh	34

Seznam použitých symbolů a zkratek

<i>symbol</i>	<i>význam</i>	<i>jednotka</i>
c_p	tepelná kapacita	kJ/kgK
ER_{oEI}	energetická návratnost zdroje	-
I	elektrický proud	A
k	konstanta	-
LHV	výhřevnost	kJ/kg
m	hmotnost	kg
P	výkon	W
Q	teplo	J
t	teplota	$^{\circ}C$
τ	čas	s
U	napětí	V
V	objem	m^3
W	práce	J
x	měrná vlhkost prádla	-
ϕ	fázový posun	$^{\circ}$
η	účinnost	-
ε	topný faktor	-

<i>dolní index</i>	<i>význam</i>
AC	vztahující se k střídavému proudu
C	vztahující se k teple odvedeného z cyklu
DC	vztahující se k jednosměrnému proudu
fin	koncová hodnota
H	vztahující se k teple přivedeného do cyklu
H_2O	vztahující se k vodě
i	pořadové číslo záznamu
ini	počáteční hodnota
P	vztahující se k příkonu
ref	referenční hodnota
s	pořadové číslo proudu
$s.pr.$	vztahující se k suchému prádlu
t	vztahující se k tepelnému výkonu (termické účinnosti)
$T\check{C}$	vztahující se k čerpadlům
in	vztahující se k vstupu do pracího cyklu
out	vztahující se k výstupu z pracího cyklu

<i>zkratka</i>	<i>význam</i>
API	American Petroleum Institute
$\check{C}R$	Česká Republika
WTI	West Texas Intermediate

1 Úvod

Energie obklopuje lidstvo od samotného počátku bytí, v různých formách je skryta všude kolem. Jsou vnímány především její projevy, ať už velkých a nebo menších mírách, které působí na smyslové orgány člověka. V dnešní době, ve formě tepla a elektřiny, je označována jako jedna z dalších konzumních potřeb, bez kterých si většina lidí nedokáže představit pohodlnou existenci. Tak jako energii ve formě potravy bere obyčejný spotřebitel elektřinu a teplo, jako samozřejmost a jejich význam si uvědomuje až když není k dispozici, tedy v dobách nedostatku.

Úvod práce patří popisu a rozboru některých důležitých veličin spojených s energií, které se v textu budou objevovat. Hlavní část je zaměřena na řešení primárních zdrojů energie, ze kterých lidstvo čerpá a následovně je přetváří k vlastnímu prospěchu a potřebě. Ty jsou dále rozděleny do dvou hlavních kapitol. První se věnuje neobnovitelným typům, které nejsou schopné se v přijatelném časovém intervalu znovu obnovit. Tyto zdroje jsou momentálně pro člověka hlavním přísunem veškeré energie, kterou spotřebovává. Druhá se zabývá obnovitelnými zdroji, tedy těmi, které mají schopnost se znovu obnovit v přijatelném časovém intervalu pro člověka. Jsou označovány také jako doplňkové zdroje.

Mezi doplňující část práce patří úvaha o spotřebě energie člověkem. Zahrnuje vysvětlení pojmu spotřeba, jeho vývoj a statistické údaje v rámci ČR, ze kterých jsou vyhodnoceny závěry. Praktická část je věnována měření energetické náročnosti domácího spotřebiče. Jako příklad byl zvolen prací cyklus, protože se jedná o běžný proces, který je využíván ve všech domácnostech několikrát za týden po dobu celého roku. Lze na něm dobře demonstrovat tok energií využívané člověkem při klasické spotřebě a také lze jednoduše naměřit potřebné veličiny.

Součástí práce jsou přílohy. První obsahuje mapy České republiky s lokalitami, kde se vyskytuje a je těženo uhlí. Druhá příloha obsahuje myšlenkovou mapu popisující strukturu práce.

1.1 Výkon

Základní fyzikální veličina, která vyjadřuje míru vykonané práce za určitý časový úsek je výkon. Jeho symbol se označuje písmenem P a základní jednotkou je Watt označován písmenem W . V rámci mezinárodních odvozených jednotek lze nahradit W součinem $J \cdot s^{-1}$. Výkon je rozlišován průměrný (viz vztah 1.1), vztahující se k časovému intervalu a okamžitý (viz vztah 1.2), který zahrnuje pouze určitý okamžik. [1]

$$\bar{P} = \frac{\Delta W}{\Delta t} \quad [W] \quad (1.1)$$

$$P = \frac{dW}{dt} \quad [W] \quad (1.2)$$

Dále je rozpoznáván elektrický výkon u spotřebičů a veškerých strojů napájených proudem, kdy dochází k přesunu elektrické energie. U stejnosměrného proudu je výkon dán součinem napětí U a proudu I (viz vztah 1.3), kdy proud lze vyjádřit jako časovou změnu dt náboje dQ (viz vztah 1.4). Jednotkou je součin Voltu a Ampéru, který je přímo úměrný Wattu. [1]

$$P_{DC} = U \cdot I \quad [W] \quad (1.3)$$

$$I = \frac{dQ}{dt} \quad [A] \quad (1.4)$$

U výkonu střídavého proudu je nutné vzít v potaz vzájemný fázový posun ϕ těchto dvou složek. $\cos \phi$ se nazývá účinník a platí pouze u sinových průběhů (viz vztah 1.5). [17]

$$P_{AC} = U \cdot I \cdot \cos \phi \quad [W] \quad (1.5)$$

Tepelný výkon je nacházen především u systémů produkující teplo, v tepelných elektrárnách či zařízeních jako jsou radiátory. V případě kotlů je brán výkon jako součin hmotnosti, tepelné kapacity a rozdílu teplot na vstupu a výstupu, tedy množství tepla, obsažené ve vyprodukované látce. Jedná se o kalorimetrickou rovnici (viz vztah 1.6). [18]

$$P_t = m \cdot c_p \cdot \Delta \tau \quad [W] \quad (1.6)$$

1.2 Příkon

Příkon je množství energie spotřebované zařízením za jednotku času. V rámci elektrické energie se jedná o energii dodanou z elektrické sítě a je počítán stejně jako výkon. Označován je také stejně a to písmem P , v některých případech je uváděn i s indexem, a jeho jednotkou je Watt. Pokud se jedná o spalování tak se mluví o příkonu ukrytém v palivu (viz vztah 1.7). [18]

$$P_p = m \cdot LHV \quad [W] \quad (1.7)$$

1.3 Výhřevnost

Výhřevnost paliva je vlastnost určující množství tepla Q uvolněného při dokonalém spálení měrné jednotky paliva m (viz vztah 1.8), kdy vlhkost ve formě vodní páry zůstává ve spalinách, které jsou odváděny pryč. Jednotkou je $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$. [4]

$$LHV = \frac{Q}{m} \quad [\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}] \quad (1.8)$$

1.4 Účinnost

Míru využití energie udává účinnost, označována řeckým písmenem η . Jedná se o bezrozměrnou veličinu, po vynásobení vyjádřenou většinou v procentuální formě a vždy s hodnotou menší než 100 %. Obecně je účinnost definována jako poměr energie do systému dodané ku energii tímto systémem vykonané. U elektrické energie jde o poměr výkonu ku příkonu zařízení (viz vztah 1.9). [18]

$$\eta = \frac{P}{P_p} \quad [-] \quad (1.9)$$

V souvislosti s využitím tepelné energie pracovní látky v mechanickou práci, je u tepelných cyklů používána termická účinnost, kdy jde o poměr hodnoty užitečné ku hodnotě vstupující do systému, tedy poměr práce vykonané cyklem ku přivedenému teple (viz vztah 1.10). [19]

$$\eta_t = \frac{W}{Q_H} = \frac{Q_H - |Q_c|}{Q_H} \quad [-] \quad (1.10)$$

1.5 Topný faktor

Topný faktor je veličina, která určuje množství vyprodukovaného tepla v závislosti na dodané energii, konkrétně poměr topného výkonu tepelného čerpadla ku elektrickému příkonu kompresoru (viz vztah 1.11). Topný faktor je obdobou účinnosti a slouží k porovnání jednotlivých tepelných čerpadel, přičemž se jeho hodnota pohybuje v rozmezí 2,5–4. V závislosti na podmínkách se neustále mění a tak je využíván spíše průměrný topný faktor, ve kterém se počítá s provozem za celou topnou sezónu. [4]

$$\varepsilon = \frac{Q_{T\check{c}}}{P_{T\check{c}}} \quad [-] \quad (1.11)$$

1.6 Čistý energetický zisk

Čistý energetický zisk představuje rozdíl mezi celkovou energií, kterou lze ze zdrojové suroviny využít, a celkovou energií vynaloženou pro její získání. Údajem získaným z tohoto rozdílu je možné v rámci ekonomických propočtů zjistit efektivitu využití konkrétního zdroje. U energetických zdrojů se spíše vyskytuje veličina zvaná energetická návratnost EROEI, počítaná jako poměr energie získané ku vložené. Pokud má cenu se daným zdrojem vůbec zabývat, měla by být jeho hodnota EROEI větší než 1. [20]

2 Neobnovitelné zdroje

Neobnovitelné zdroje jsou současným hnacím motorem ekonomik většiny států, jelikož se velkou částí podílí na výrobě tepla a elektřiny. Ukrývají v sobě velké množství, především levně získatelné energie a proto jsou tak ceněné. Jedná se o takové zdroje, kdy časový úsek jejich spotřebování je nesrovnatelně menší, než časový úsek potřebný k jejich přirozené obnově. Do této skupiny patří zejména fosilní paliva, ve kterých se nachází naakumulovaná sluneční energie ve vysoké koncentraci. Je získávána spalováním, při níž se uvolní jen velmi malá část veškeré energie obsažené v palivu, například v porovnání s energií uvolněnou štěpnými reakcemi. Přesto je to stále nejjednodušší a nejrozšířenější proces jejího získávání. Také jaderná energie je řazena mezi neobnovitelné zdroje, jelikož světové zásoby uranu nejsou nevyčerpatelné. [1]

2.1 Ropa

Ropa skrývá v sobě koncentrovanou energii akumulovanou miliony let, která je uvolňována spalováním a přeměnou uvolněného tepla pro vlastní potřebu. Je nazývána také jako černé zlato a chod dnešní společnosti je na ní téměř závislý.

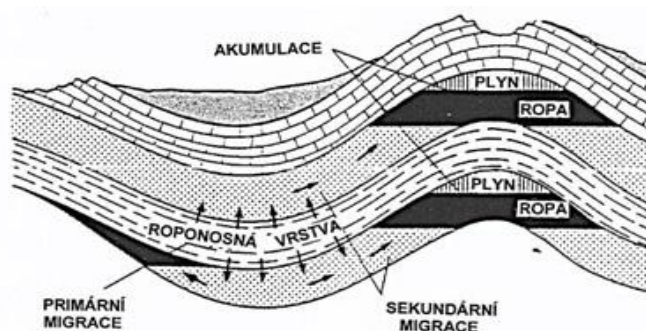
2.1.1 Složení a vlastnosti

Ropa je černá až žlutá směs kapalných, plynných a pevných uhlovodíků s různými menšími obsahy doprovodných prvků jako je síra, dusík a kyslík. Obsahuje také stopové prvky kovů jako je vanad a nikl. Tvoří ji zejména uhlovodíky různé molekulové hmotnosti a délky uhlovodíkových řetězců, např. alkany (parafiny) a izoalkany, cykloalkany a aromáty. Jejich rozdílné struktury jim dávají různé vlastnosti, kterých se využívá při zpracování. [12]

Základní charakteristika pro posouzení a porovnávání ropy je její hustota vyjádřena ve stupních API (American Petroleum Institute). Vyjadřuje se z její hustoty při 15,6 °C a je nepřímo úměrná hodnotě měrné hustoty počítané v kg/m³. Je posuzováno, zda je těžká (10–20 °API), běžná (25–35 °API) anebo lehká (35 a více °API). Další charakteristikou je rozlišování procentuální obsah nechtěné síry v celkovém objemu. Pokud ropa obsahuje méně než 1 % síry, jedná se o sladkou, pokud toto procento je vyšší, 3–4 % pak se jedná o kyselou ropu. Záleží také na lokalitách, kde je těžena, podle toho jsou rozeznávány ropné standarty typu Brent, Dubai a nebo WTI (West Texas Intermediate). [2]

2.1.2 Výskyt a těžba

Pro vznik ropy jsou typickým, geologickým prostředím mělká, šelfová moře, kde jsou vody bohaté na mikroorganismy. Po odumření se tato biomasa usadí na dně a po překrytí různými písiky nebo horninami vytváří rozlehlá pole o výšce biologického sedimentu až 2 m. Vlivem tektonické činnosti poté putuje do hloubky zemského povrchu, kde za vysoké teploty, tlaku a především bez přístupu vzduchu se mění v ropu. Další migrací může urazit až několik stovek kilometrů, dokud nenarazí na nepropustný typ horniny. V tomto místě, které je označováno jako ropná past, se začne akumulovat (viz obr. 2.1). Podle toho co se v ložisku nachází, je děleno na saturované a neúplné. První jmenované obsahuje společně s ropou také zemní plyn a vodu, to druhé pouze kombinaci dvou uvedených látek. [1]



Obr. 2.1 – Schéma akumulace ropy [13]

Z hlediska těžby je možné ji rozdělit na konvenční, která je těžena přímo z ložisek v klasické tekuté podobě a nekonvenční získávána z jiných typů surovin, například z černých břidlic nebo ropných písků. Pro získání nekonvenční ropy, která má nízkou hodnotu EROI, se musím vynaložit mnohem více energie, proto je její těžba v současném, relativním dostatku konvenčních zdrojů neefektivní. [2]

2.1.3 Výskyt v ČR

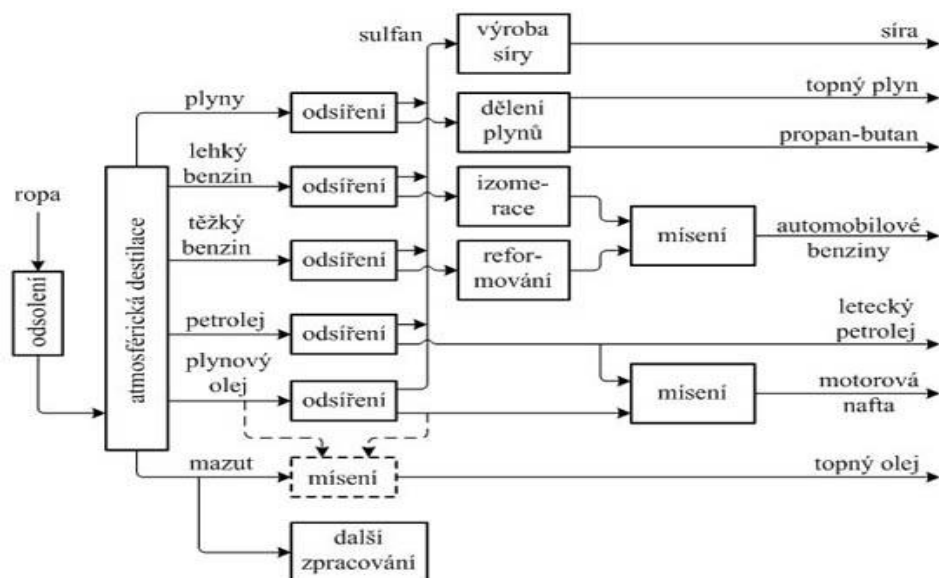
Česká republika nepatří mezi země, které z důvodu dostatku zásob fosilních paliv je exportují do zahraničí. Malé zásoby ropy se u nás nacházejí pouze na jižní Moravě v geologických oblastech karpatská předhlubeň, vídeňská pánev a na svazích Českého masivu. V současné době se v těchto lokacích těžba ropy pohybuje mezi 300 000–400 000 m³ ročně. Část vytěžených ložisek byla přeměněna na podzemní zásobníky plynu. Většina ropy je k nám vedena ropovodem Družba z Ruska. [12]

2.1.4 Zpracování a využití ropy

Po vytěžení se surová ropa dopraví do rafinerií, kde se nejprve zbavuje solných sloučenin. Poté atmosférickou (viz obr. 2.2) a vakuovou destilací se jednotlivé skupiny uhlovodíků, v závislosti na jejich bodech varu, rozdělí na několik užších frakcí, jako jsou plyny, lehký a těžký benzin, petrolej, plynný olej a destilační zůstatky (viz tab. 2.1). Nejcennější je právě lehká ropa, ze které je možné získat největší podíl benzínu. Tyto oddělené frakce se poté zbavují přebytečné síry a dále zpracovávají na finální produkty, které jsou využívány pro vlastní potřebu. Většinou volně na rafinerie navazují petrochemické závody, kde se ropné produkty dále upravují na chemikálie. [12]

Frakce	Teplota varu (°C)	Obsažené n-alkany
Plynné uhlovodíky	pod 5	C ₁ –C ₄
Lehký benzin	30–85	C ₅ –C ₆
Těžký benzin	85–180	C ₇ –C ₁₀
Petrolej	180–270	C ₁₁ –C ₁₅
Plynný olej	270–370	C ₁₆ –C ₂₂
Vakuové destiláty	370–550	C ₂₃ –C ₄₅
Vakuový zbytek	nad 550	C ₄₆ a více

Tab. 2.1.3 – Frakce obvykle získané destilací ropy, jejich přibližné destilační rozmezí a v nich obsažené n-alkany [12]



Obr. 2.2 – Blokové schéma obvyklého zpracování frakcí z atmosférické destilace ropy [13]

Ropa je v dnešní době jedním z nejžádanějších surovin především díky svému univerzálnímu uplatnění v mnoha různorodých odvětví průmyslu. Ať už se jedná o nejčastější spojení s ropou jako pohonnou jednotkou, tedy naftou a benzínem jako výchozím produktem v motoristickém průmyslu a nebo o uplatnění ve farmacii, při výrobě léků a kosmetiky. Ani dnešní zemědělství by se neobešlo bez hnojiv a pesticidů, které mají svůj původ právě v ropě. Dalším hlavním odvětvím je výroba plastů, kdy tyto výrobky mají zastoupení ve většině věcí, které nás obklopují. [2]

2.2 Uhlí

V důsledku průmyslové revoluce v polovině 18. století výrazně vzrostl jeho význam a rychle se stal základním palivem i pohonnou hmotou. Jako primární zdroj energie dominuje při výrobě tepla a elektřiny. Uhlých zásob je mnohem více než zásob ropy nebo zemního plynu, odhadují se na více než 100 let. Hlavním problémem spalování uhlí jsou zejména emisní látky vypouštěné do ovzduší. Jedná se především o oxid uhličitý, dále pak oxid siřičitý. Vypouštěním těchto látek je přispíváno k nepřírozené změně životního prostředí a sním způsobených efektů jako je oteplování. [1]

2.2.1 Složení a vlastnosti

Tak jako ropa, tak i uhlí obsahuje značné množství hořlavých uhlovodíků, ale na rozdíl od ní se vyskytuje v pevném stavu. Jako první vznikala z rostlinných látek rašelina, při následujících poklesech do hloubky země a překrytí pískem a jílem pak další fáze. Podle stáří a míry prouhelnění jsou děleny na lignit, hnědé uhlí, černé uhlí a antracit. Jejich složení závisí na tom v jakém časovém období a z jakého druhu biomasy vznikali. Čím je uhlí starší, tím má vyšší kvalitu, tzn. má vyšší podíl hořlavín, které tvoří především prvky vodík, uhlík, kyslík, síra a dusík, oproti nehořlavým látkám, jako je voda a popeloviny. [4] Černé uhlí obsahuje 80–90 % uhlíku, hnědé uhlí 50–80 % uhlíku a lignit 30–50 % uhlíku, 50 % vody a zbytky dřeva (ostatní vlastnosti jsou shodné s vlastnostmi hnědého uhlí). Největší procento uhlíku (90 a více %) a nejméně prchavých látek má antracit (viz tab. 2.2). [3] Černé, tedy kvalitnější uhlí je nejvýhodnější zpracovat jako surovinu pro chemický průmysl. Jedná se především

o přeměnu na koks, jenž díky svým vlastnostem je hojně využíván v metalurgických procesech, nebo pomocí zplyňovacích procesů je možné získat další suroviny, jako jsou topné plyny (koksárenských nebo svítiplyn). Případně černouhelný dehet, ze kterého následně lze vyrobit například benzen, naftalen, barviva, desinfekční prostředky, voňavky a jiné. Dřevěné uhlí nepatří do fosilních paliv. [1]

Typ	Podíl uhlíku	Výhřevnost
Lignit	30–50 %	okolo 13 MJ/kg
Hnědé uhlí	50–80 %	15–20 MJ/kg
Černé uhlí	80–90 %	18–30 MJ/kg
Antracit	nad 90 %	26–30 MJ/kg

Tab. 2.2 – Obsah uhlíku a výhřevnost hlavních typů uhlí [3]

2.2.2 Výskyt a těžba

Vyskytuje se v pevné fázi v takzvaných uhelných slojích. Největší zásoby jsou umístěny v Severní Americe, Evropě, Rusku a Číně, dále pak také v Austrálii a Jihoafrické republice. V závislosti na hloubce uložení se jedná o těžbu povrchovou anebo hlubinnou. Černé uhlí se většinou nachází ve větších hloubkách než to hnědé. [1]

Povrchová těžba je vhodná tehdy, pokud je uhlí v hloubce pouze pár desítek, výjimečně stovek metrů za předpokladu, že mocnost nadloží vůči podloží je maximálně 5:1. Tímto způsobem se získává především hnědé uhlí. Práce začínají odstraněním nadloží, které je možné nakupit na okraj těžené oblasti, tak aby bylo zamezeno případným vlivům, jako je hluk nebo právě nepěkný vzhled. Povrchovým dobýváním se odkrývá velká část krajiny, což působí neesteticky na okolní prostředí. Poté nastupuje samotná těžba pomocí masivních strojů, jako jsou kolesová, lanová anebo korečková rypadla a doprovodné mechanické systémy pro dopravu surovin. Některé stroje mají kapacitu až 10 000 tun horniny na jedno nabrání. Po skončení všech těžebních prací se snaží společnosti vrátit důl do původního stavu, tak jak vypadal před lidským zásahem. [1]

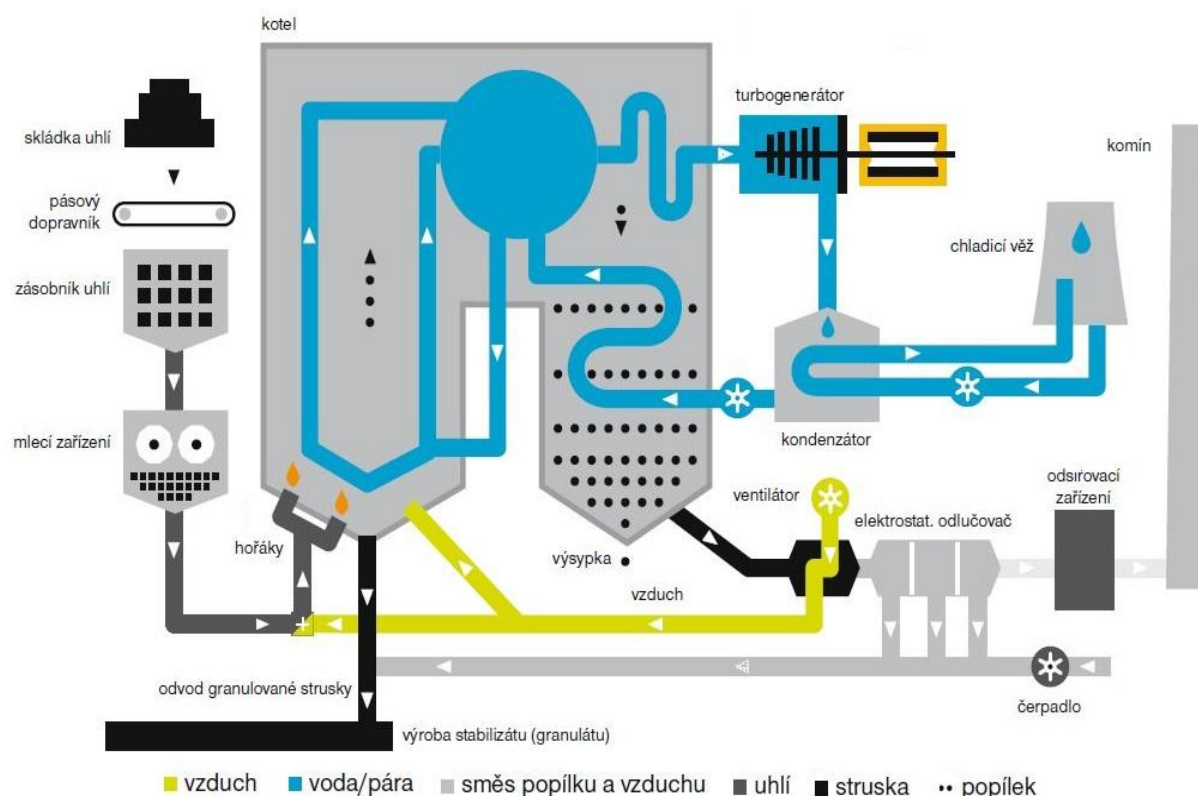
Hlubinná těžba se provádí tehdy, pokud povrchová není přípustná, většinou z důvodu velké hloubky, kdy je technicky nemožné odkrýt obsahem tak velké množství hornin. Princip dolování spočívá ve vyhloubení vertikálních šachet pro dopravu pracovní síly a odvodu surovin na povrch a také následných horizontálních pater neboli porub, kde se provádí pomocí strojní techniky samotné získávání uhlí. [1]

2.2.3 Výskyt v ČR

Jediným fosilním zdrojem, který má Česká republika v poměrně větší míře k dispozici jsou právě uhelné zásoby (viz příloha P.1 [30]). Černé uhlí se těží především na Ostravsku v hornoslezské pánvi, dále pak v mělnické a středočeské pánvi. K roku 2009 bylo evidováno 62 ložisek, ze kterých bylo těženo 8 s celkovým ročním výnosem 12,2 miliónů tun. Zásoby hnědé uhlí se nachází hlavně v severočeské, sokolovské a chebské pánvi, kde je těženo 9 ložisek s roční těžbou 47,5 miliónu tun. Významnější ložiska lignitu u nás jsou pouze ve vídeňské pánvi nacházející se na Jižní Moravě, zde je v provozu pouze jeden hlubinný důl s roční těžbou 416 tun. [14]

2.2.4 Uhelné elektrárny

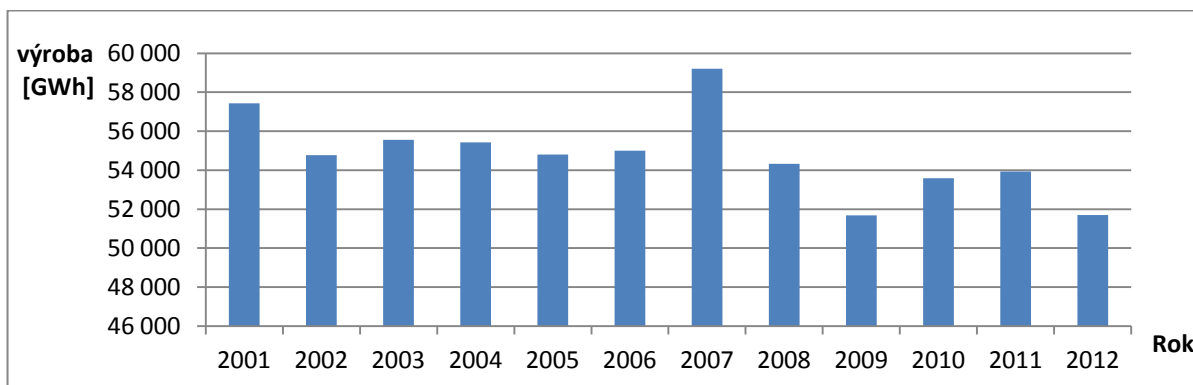
Hlavní surovinou pro výrobu elektřiny ve světě je uhlí, ze které se vyrábí přibližně 44% z celkové spotřebované elektřiny. [9] Je to tedy současný hlavní zdroj této energie. Elektrárny se z velké části nachází, z praktických důvodů, v blízkosti zdrojových nalezišť a spalují především hnědé uhlí a jeho odnož lignit. Elektrárnu lze rozdělit na bloky, ve kterých probíhá proces výroby elektřiny. Každý blok se skládá zejména z kotle, turbíny, generátoru, odlučovačů popílků, chladicí věže, blokového transformátoru a dalších zařízení pro odloučení nežádoucích látek. Některé části jako přívod vody nebo uhlí a jeho následovné mletí mohou být společným prvkem všech jednotlivých bloků. Obecně všechny elektrárny na fosilní paliva pracují na podobném způsobu, kdy při spalování paliva se uvolňuje teplo, které ohřívá vodu a mění ji na páru. Tato plynná fáze dále směřuje do turbíny, kde předá svou vnitřní energii lopatkám na hřídeli a roztáčí ji, čímž se otáčí i generátor s ní spojený. Tepelná energie se tedy mění na mechanickou, kterou využívá generátor. V něm se podle zákona elektromagnetické indukce indukuje požadované střídavé elektrické napětí díky rotaci magnetu vůči vinutí, které je umístěno na nepohyblivém statoru obklopující magnet. Pára vycházející z turbíny proudí dále do kondenzátoru, kde změnil své skupenství z plynu na kapalinu a je vedena zpět do kotle, čímž začíná celý koloběh znovu (viz obr. 2.3). V rámci maximálního využití se dnes staví elektrárny kogeneračního typu, tedy kromě elektřiny produkují pro přilehlé okolí i teplou vodu na vytápění a spotřebu. [4]



Obr. 2.3 – Zjednodušené schéma principu činnosti uhelné elektrárny [16]

2.2.5 Uhelné elektrárny v ČR

Okolo 53 % instalovaného výkonu české elektroenergetiky představují elektrárny spalující uhlí. Velké procento z nich je umístěno v blízkosti hnědouhelných dolů v severních a v severozápadních Čechách. Největší výrobce elektrické energie v ČR je Skupina ČEZ, která v současné době provozuje 19 uhelných elektráren o celkovém instalovaném výkonu více než 6 758 MW (viz tab. 2.3). Uzavíráním dosluhujících uhelných elektráren, klesá celková výroba elektřiny z tohoto zdroje, což podle statistických údajů Energetického regulačního úřadu znázorňuje graf 2.1 [15]



Graf. 2.1 Vývoj výroby elektřiny v parních, paroplynových a plynových elektrárnách v ČR [29]

Elektrárna	Instalovaný výkon	Rok uvedení do provozu
Počerady	5 x 200 MW	1970–1977
Dětmarovice	4 x 200 MW	1972–1976
Pruněřov I	4 x 110 MW	1967–1968
Pruněřov II	5 x 210 MW	1981–1982
Tušimice II	4 x 200 MW	1973–1974

Tab. 2.3 – Přehled vybraných uhelných elektráren provozované Skupinou ČEZ [9]

2.3 Zemní plyn

Spolu s ropou nebo uhlím se v geologických pastích může nacházet také zemní plyn, který nejspíše vznikl jako důsledek postupného rozkladu organického materiálu. Z přírodních zdrojů má v současnosti důležité postavení, jelikož oproti ostatním fosilním palivům se lépe těží, přepravuje, uskladňuje a bez složitých a nákladných úprav nebo energetických přeměn se může vést přímo ke spotřebiteli. Před dopravou se odstraňují sloučeniny síry a voda ve formě páry, která za určitých podmínek může tvořit s metanem pevné sloučeniny ucpávající potrubí. [5]

Jelikož výskyt ropy a zemního plynu spolu úzce souvisí, tak i rozmístění světových zásob je na tom podobně. Konkrétně se jedná o největší naleziště na západní Sibiři, v Iránu, Severní Americe, severní Africe a Severním moři. Česká republika je zcela závislá na dovozu ze zahraničí, tak jako u ropy především z Ruska. I přes zvýšení současné těžby zemního plynu vystačí jeho zásoby na téměř celé 21. století. [1]

2.3.1 Složení a vlastnosti

Podle toho jestli se plyn nachází ve společnosti uhlí nebo ropy je rozlišován karbonský a naftový typ. Tyto dva druhy se liší především proměnlivým obsahem své hlavní složky. Z nasycených sloučenin uhlíku a vodíku se v zemním plynu vyskytují alkany, zejména metan a vyšší uhlovodíky, dále látky jako je oxid uhličitý, dusík a síra. Podle obsahu těchto látek je rozeznáván dále zemní plyn:

- vlhký – obsahuje 95–98 % metanu a menší procento vyšších uhlovodíků,
- suchý – obdobné složení jako u vlhkého s větším procentem vyšších uhlovodíků,
- kyselý – má vyšší obsah sulfanu,
- s vyšším obsahem inertních plynů – vyšší obsah oxidu uhličitého a dusíku. [10]

Z fosilních paliv je nejčistší a nejšetrnější k životnímu prostředí. Nemá totiž barvu ani zápach, při spalování nevzniká tuhý odpad a do okolního prostředí se tak uvolňuje nejméně škodlivých látek. [5]

2.3.2 Paroplynové elektrárny

Na každou vyrobenou MWh vyprodukují paroplynové elektrárny až o 70 % méně škodlivin než ty uhelné, takže jsou mnohem ekologičtější a nezatěžují tolik životní prostředí. Fungují na stejném principu s výjimkou toho, že spalování paliva probíhá za podpory přivedeného vzduchu ve spalovací turbíně, která je napojená na první generátor elektřiny. Vyprodukované spaliny proudí dále do kotle, kde předávají svoji tepelnou energii vodě umístěné v systému trubek. Ohřevem se voda mění na směs plynu a kapaliny, dále pokračuje do bubnu, kde se tyto dvě složky oddělí. Voda se vrací zpátky do kotle k ohřátí a vzniklá pára je vedena k parní turbíně, kde předá svoji energii. Pomocí druhého generátoru napojeného na turbínu tak vzniká za pomoci elektromagnetické indukce požadovaná elektřina, čímž probíhá klasický cyklus jako u uhelných elektráren, zakončený odvodem spalin v komínu. V paroplynových elektrárnách se spaluje nejčastěji zemní plyn, méně pak olej. Díky kombinovaným oběhům mají také vyšší účinnost využití vstupní energie než klasické uhelné elektrárny, což je ale vykoupeno vysokou náročností na kvalitu přivedeného paliva a díky vyšší výhřevnosti zemního plynu také vysoké náročnosti na vlastnosti materiálu pracovních součástí. [9]

2.3.3 Paroplynové elektrárny v ČR

Paroplynové elektrárny jsou v ČR poměrně novým konceptem, který se teprve zabydluje a především z důvodu velmi malých zásob zemního plynu není tak rozšířený. Z celkového množství vyprodukované elektřiny u nás je jen cca 1,1–1,5 % vyrobeno ze zemního plynu. Přehled vybraných paroplynových elektráren viz tab. 2.4 [9]

Elektrárna	Instalovaný výkon	Rok uvedení do provozu
Vřesová	380 MW	1995
Počerady	840 MW	2011–2013

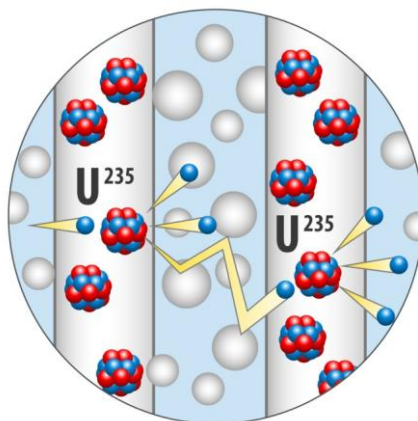
Tab. 2.4 – Přehled vybraných paroplynových elektráren provozované Skupinou ČEZ [9]

2.4 Jaderná energie

V dnešní době se v energetice řeší především postupný, budoucí nedostatek klasických paliv, jejich dopad na životní prostředí a regulace tohoto nepříznivého jevu. Řešením se zdá být odvětví jaderné energie, kdy všechny tyto problémy částečně odpadají. Produkce skleníkových plynů, jako je oxid uhličitý, je téměř nulová a patří mezi nejlevnější energetické zdroje. Problémem, který odrazuje při rozšíření této koncepce, je časově dlouhá a především cenově nákladná výstavba jednotlivých elektrárenských bloků a souhrnně celého komplexu elektrárny. Může to být také obecně rozšířené tvrzení o nebezpečnosti jaderných elektráren v případě vyšších havarijních stavů a nehod, které se zakládají především na katastrofické události v továrně Černobyl z roku 1986. Pokud se jedná o bezpečnost v rámci této energetiky, tak podléhá velmi vysokým požadavkům a je velmi přísně dodržována a kontrolována. [9]

2.4.1 Druhy reakcí

Významný zdroj energie se skrývá ve vnitřní struktuře prvků. K jejímu uvolňování dochází při jaderných reakcích vedoucích k přeměně atomových jader. Tuto energii lze získat například štěpením anebo fúzí (slučováním), případně anihilací. Zatím jedinou formu, kterou člověk dokáže plně využít je štěpení (viz obr 2.4), kdy dochází pomocí vyslaného neutronu k rozdělení jádra těžkého prvku a k uvolnění značné energie. Tímto způsobem je možné získat pouze 0,1 % z celkové energie obsažené v jádře. Naopak při fúzi dochází ke sloučení dvou lehčích prvků v jeden těžší, přičemž se uvolní kolem 1 % celkové energie. [7] Tato přeměna se uskutečňuje uvnitř Slunce, které je zdrojem veškerého života na Zemi. Fúzní přeměny jsou zatím ve zkušebním stádiu především z důvodu extrémních nároků na teplotu, při které proces probíhá a jeho problematickému udržení po určitou dobu. Další způsob je anihilace. Ke každé částici existuje antičástice, tedy částice se stejnou hmotností, ale opačným nábojem, k elektronu existuje pozitron, k protonu antiproton a k neutronu antineutron. Při vzájemné interakci těchto opačných částic dochází k jejich zániku a veškerá jejich hmotnost se přemění na energii. Dochází tedy k přeměně jedné formy hmoty (látky) do jiné formy (pole). Člověk tuto přeměnu dokázal uskutečnit pouze v laboratorních podmínkách ve švýcarském výzkumném centru CERN. [1]



Obr. 2.4 – Princip štěpení uranu a zpomalování elektronu moderátorem [7]

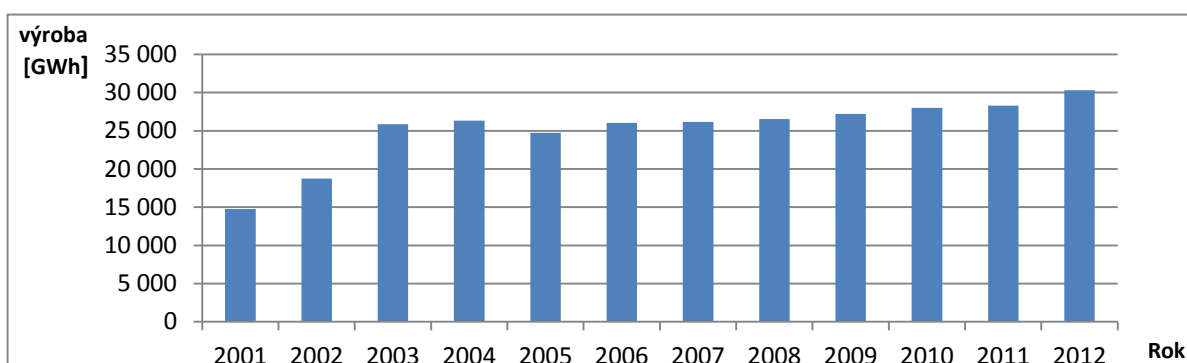
2.4.2 Uran

Při reakcích se jako základní surovina paliva využívají těžké, nestabilní prvky jako je uran, případně plutonium. Světové zásoby jaderných paliv při současné spotřebě mohou vystačit přibližně na 85 let. [9] Problémem je nedokonalost využití jaderného paliva, kdy při štěpení je využit jen zlomek energie obsažené v surovině a velká část odchází jako odpad. Řešením je zvládnutí nových procesů výroby, kdy recyklací těchto odpadů a opětovné využití ve výrobě by zásoby vystačili až na 2,5 tisíce let. Uran jako prvek se nachází a je těžen ve formě uranových rud, ve směsi tří izotopů ^{234}U , ^{235}U a ^{238}U . Pro energetické procesy se používá izotop ^{235}U , který je v rudě zastoupen pouze 0,7 %. Aby mohl být využit, jako palivo je nutné zvýšit jeho koncentraci až na 3–5 %. [6]

2.4.3 Jaderné elektrárny

Jaderná elektrárna funguje na stejném principu jako elektrárna uhelná. U obou typů se elektrická energie vyrábí v generátoru poháněném parní turbínou. Rozdíl je pouze v tom, že teplo potřebné k ohřevu vody vzniká při štěpných reakcích jader uranu. Reaktory mají rozmanité konstrukce, princip činnosti i oblast využití.

První jadernou elektrárnou na území České republiky je elektrárna Dukovany. Od prvního spuštění do roku 2013 bylo v elektrárně vyrobeno více než 360 miliard kWh elektrické energie. Roční výrobou 14 miliard kWh pokrývá přibližně 20 % spotřeby veškeré elektřiny na našem území, což odpovídá spotřebě všech domácností. Druhým zařízením tohoto typu je Temelín, který je největší energetický zdroj ČR. Před zprovozněním elektrárny byl celý Jihočeský kraj odkázán na energii proudící z postupně odstavovaných uhelných elektráren v severních Čechách, které už tak byly velmi protěžované. Informace jednotlivých výkonů uvádí tabulka 2.5 a graf 2.2 ukazuje vývoj množství vyrobené elektřiny od roku 2001. [9]



Graf. 2.2 Vývoj výroby elektřiny v jaderných elektrárnách v ČR [29]

	Temelín	Dukovany
Rok uvedení do provozu	1989–2000	1978–1987
Počet bloků	2	4
Elektrický výkon bloku	1055 MW	510 MW
Počet reaktorů	2	4
Tepelný výkon reaktoru	3120 MW	1375 MW

Tab. 2.5 – Přehled jaderných elektráren ČR [9]

3 Obnovitelné zdroje

Obnovitelné zdroje jsou schopné se úplně nebo alespoň částečně obnovit, jsou k dispozici neustále v rámci časového úseku existence lidské civilizace. Jsou mezi ně řazeny projevy především slunečního záření, které vyvolává na Zemi proudění vzduchu (vítr), akumulaci energie v rostlinách (biomasa) a také má vliv na koloběh vody (vodní energie). O obnovitelných zdrojích se mluví jako o budoucí energii. Ovšem tyto zdroje nemůžou zcela pokrýt rychle rostoucí, světovou spotřebu, tak jak je tomu dnes u fosilních paliv, ale slouží především jako doplněk.

Výhodou těchto zdrojů je jejich teoretická nevyčerpatelnost a také fakt, že při přeměně z primární energie na využitelnou formu je do okolí vypouštěno mnohem méně škodlivých látek než u fosilních paliv. Na druhou stranu se s nimi pojí i řada nevýhod jako je nízká koncentrace energie, kterou lze zužitkovat, oproti uložené ve fosilních palivech nebo jaderných vazbách. Takže celá účinnost přeměny je mnohonásobně menší, než je tomu u elektráren využívající fosilní paliva. Také pořizovací ceny výrobních jednotek jsou v dnešní době ještě poněkud drahé (jedná se především o fotovoltaiku). Další informace o obnovitelných zdrojích lze najít v literatuře [1] a [6], ze kterých bylo čerpáno.

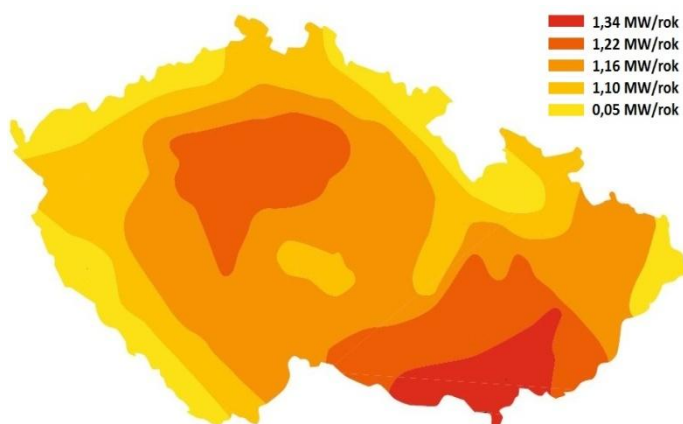
Česká republika, jako země nacházející se uprostřed Evropy, nemá potenciál pro plné využití některého z obnovitelných zdrojů a i přes to se zde rozvíjejí projekty využívající tyto zdroje. Navíc jako členský stát Evropské Unie, která se řídí konceptem o rozšiřování obnovitelných zdrojů a poskytuje dotace na výstavbu těchto projektů, se zavázal plnit plány o navyšování podílu obnovitelných zdrojů v rámci spotřeby elektřiny. Dle závazků vůči Evropské Unii by se měla Česká republika podílet na výrobě veškeré své vyprodukované elektřiny do roku 2020 plnými 13 %, avšak tuto kvótu podle Energetického regulačního úřadu splnila již na přelomu roku 2012 a 2013 a nadále ji navyšuje (viz tab. 3.1). [21]

Rok	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Podíl na celkové spotřebě	5,70 %	6,80 %	8,24 %	10,21 %	12,48 %	14,53 %

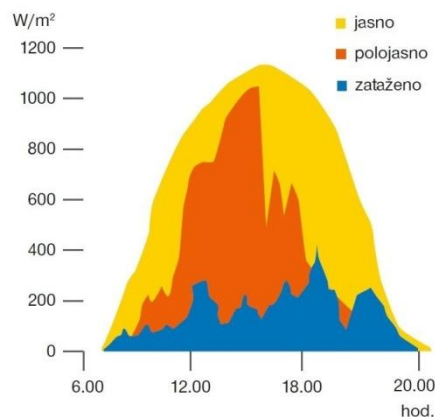
Tab. 3.1 - Podíl OZE na hrubé domácí spotřebě elektřiny v ČR [34]

3.1 Sluneční energie

Většina energie má původ ve Slunci, kde při neustálém termojaderném slučování jader vodíku na jádra hélia se uvolňuje záření ve formě elektromagnetických vln, které následně dopadá na Zemi. Tento výkon v podobě záření je stabilní, pouze s mírnými změnami v závislosti na sluneční aktivitě, která se mění v pravidelných cyklech. Hustota dopadající solární energie se rovná přibližně $1,4 \text{ kW/m}^2$ a kolem 30 % veškerého dopadajícího záření je odraženo zpět do vesmíru, 23 % absorbuje atmosféra, 47 % se ohřeje zemský povrch a pouze desetinu využijí rostliny k fotosyntéze. [10] Intenzita slunečního záření závisí na geografické poloze, ročním období a také míře oblačnosti, což je nevýhodou tohoto zdroje (viz obr. 3.1 a obr. 3.2). Množství vyrobené energie v jednotlivých měsících je inverzní vůči množství energie, kterou je člověk schopen zužitkovat (viz obr. 3.4). Všechny tyto faktory snižují míru využitelnosti tohoto zdroje. [22]



Obr. 3.1 – Mapa slunečního záření v ČR [25]

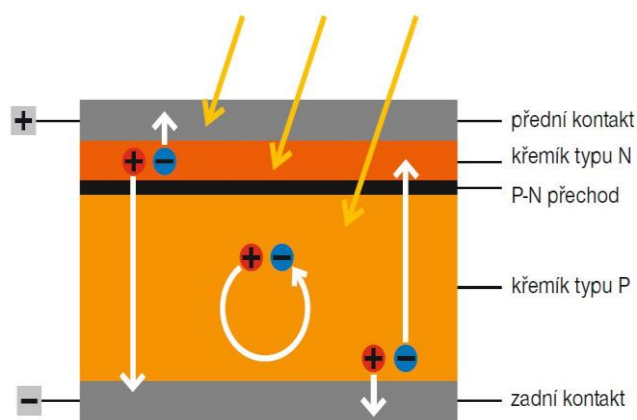


Obr. 3.2 – Denní průběh záření (střední Evropa, duben) [25]

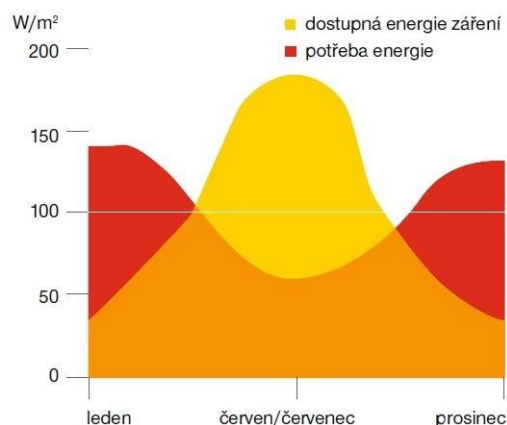
Sluneční záření lze zachytit a využít pro vlastní potřebu různými způsoby. První formou je pasivní využití slunečního záření pomocí absorpce, kdy solární kolektory zachycují teplo, které následovně je využito například při ohřevu vody nebo vzduchu v budovách. V druhém způsobu se jedná o aktivní využití záření při přeměně v ušlechtlejší formu energie, tedy v elektřinu, kterou lze získat přímým a nepřímým způsobem. [23]

3.1.1 Fotovoltaika

Přímá přeměna využívá fotovoltaického jevu, při kterém se v látce působením světla uvolňují elektrony, čímž vzniká elektrická energie. Fotovoltaický článek se skládá z tenké křemíkové destičky, která má vodivostní vlastnost typu P, způsobenou přítomností příměsí zachycujících elektrony, a na ní přiložené tenké vrstvy polovodiče typu N dodávající volné elektrony. Mezi oběma vrstvami vznikne přechod P–N, který zabraňuje volnému přechodu záporně nabitých částic z místa nadbytku (polovodič typu N) do místa nedostatku (polovodič typu P), v opačném směru přecházet mohou. Dopadajícím světlem na povrch fotočlánku se předá energie, která v krystalické mřížce obou vrstev uvolní elektrony. Díky přechodu P–N, který propouští jen v jednom směru, se začnou hromadit ve vrstvě typu N, čímž vzniká napětí o velikosti zhruba 0,5 V, které přes kontakty vede do uzavřeného obvodu (viz obr 3.3). [23]



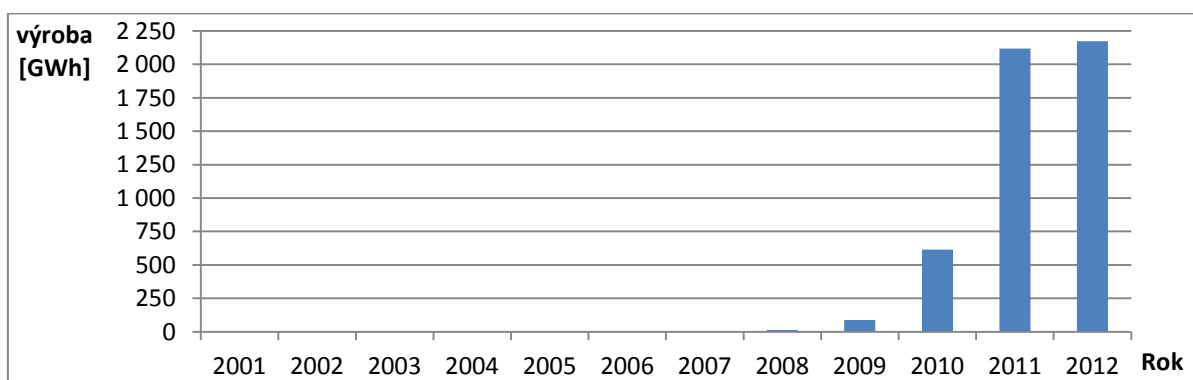
Obr. 3.3 – Řez fotovoltaickým článkem se znázorněným P-N přechodem [25]



Obr. 3.4 – rozložení disponibilní energie během roku [25]

Pro lepší využití a vyšší výkon se spojuje více článků v jeden větší díl nazývaný fotovoltaický panel, spojením více těchto panelů pak vzniká pole charakteristické pro solární elektrárny.

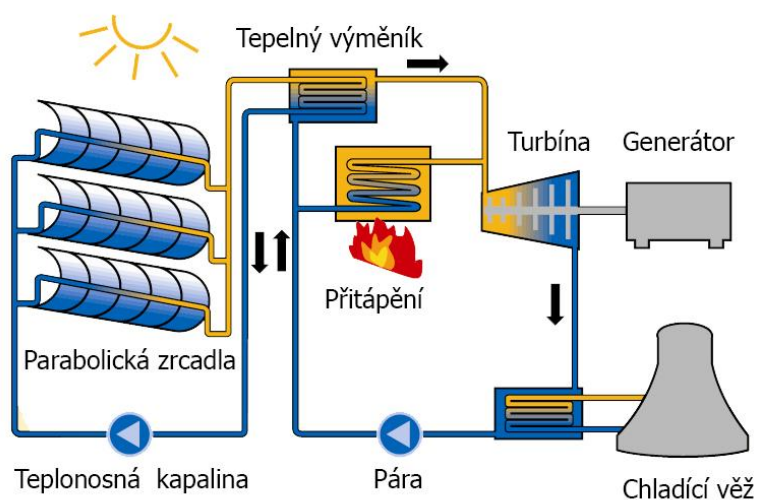
Nevýhodou těchto článků je stále poměrně vysoká pořizovací cena, nízká účinnost přeměny a závislost na okolních podmínkách. Výhodou je naopak možnost využití v těžce přístupných lokalitách a také variabilita použití, ať už se jedná o napájení menších, různorodých zařízení nebo výrobu elektrické energie s maximálními výkony řádově jednotek kW až po elektrárny s maximálními výkony několika desítek MW. Fotovoltaika, ač je hojně rozšířená, se podílí asi jen 0,01 % na výrobě elektrické energie ve světě. V České republice se fotovoltaika rozvinula až v posledních letech, což lze vidět na produkci elektřiny v grafu 3.1. [23]



Graf 3.1 - Výroba elektřiny z fotovoltaických elektráren ČR [29]

3.1.2 Solárně-termické elektrárny

Nepřímým způsobem je myšleno využití slunečního záření k ohřevu teplotnosné látky, která následně předává svou energii zařízení vyrábějící elektrickou energii. Princip je založen na soustředění paprsků, pomocí odrazu od soustavy zrcadel do jednoho místa, které je ohříváno na vysokou teplotu. V tomto místě je uložen absorbér s kapalinou uvnitř. Koncentrované sluneční záření produkuje dostatek tepla k přivedení kapaliny do varu a k vytvoření páry, která pohání turbínu spojenou s alternátorem, což je stejný výrobní postup jako u klasické tepelné elektrárny (viz obr 3.5). [24]



Obr. 3.5 – Princip činnosti solárně-termické elektrárny [31]

Elektrárny využívají různé uspořádání sběračů, jsou jimi především:

- **žlabový sběrač** – skládá se z několika parabolických zrcadel umístěných za sebou. Jejich ohnisky prochází černě natřená trubice s kapalinou (většinou speciální olej), která je slunečním zářením zahřívána na několik stovek °C. Jako celek se kolektory mohou natáčet kolem své osy, tak aby využili maximální intenzity slunečního záření (viz obr. 3.6),
- **diskový sběrač** – funguje na stejném principu jako žlabový sběrač, s výjimkou toho, že paprsky nesoustřeďuje do linie, ale pouze do určitého bodu, kde je umístěn absorbér. Tento typ sběrače má v porovnání s ostatními větší účinnost, až 30 %. Ovšem z konstrukčního hlediska jsou náročné na provedení a proto nedosahují takových výkonů jako například žlabové sběrače. Částečné řešení pro větší rozměry je sestavení požadovaného tvaru z menších zrcadel (viz obr. 3.7),
- **heliostaty** – jedná se o skupinu účelně rozmístěných pohyblivých rovinných zrcadel, kdy se každé automaticky natáčí tak, aby odráželo svit přímo do absorbérů umístěného na věži (viz obr. 3.8).



Obr. 3.6 – Žlabový sběrač [24]



Obr. 3.7 – Parabolické zrcadlo [24]



Obr. 3.8 – Věžová elektrárna [24]

Zvláštním druhem je komínová elektrárna, založená na skleníkovém jevu, kdy se teplo akumuluje pod skleněnou plochou. Ohřátý vzduch následně stoupá komínem vzhůru a roztáčí vrtule větrných turbín napojených na generátory čímž je vyráběna elektrická energie. [24]

3.2 Vodní energie

Vodní koloběh má také původ v energii ze Slunce. Paprsky dopadající na zemský povrch ohřívají vodu, která se vypařuje a stoupá do atmosféry, kde vlivem nižších teplot kondenzuje a ve formě deště nebo sněhu se vrací zpět na zem. Je to koloběh, ve kterém se neustále přesouvá energie různých forem a která je využívána pro vlastní prospěch. Jedná se především o využití mechanické energie vody při přeměně na elektrickou energii.

3.2.1 Vodní elektrárny

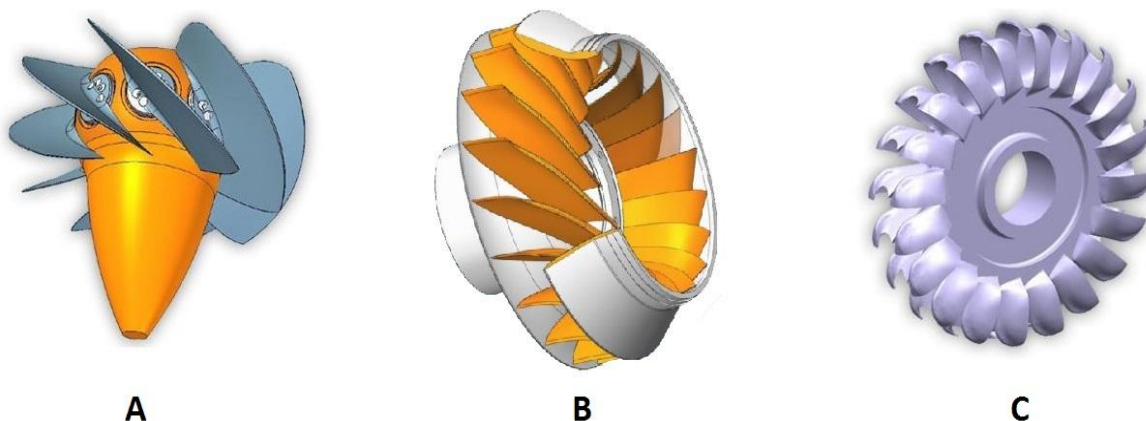
Už od počátku lidské civilizace se využívá energie vody k přeměně na práci. Hlavním prvkem této přeměny je vodní kolo, dnes turbína, využívající složky mechanické energie vody. Zatímco kolo sloužilo jako náhrada za různorodou lidskou práci (mletí obilí nebo řezání dřeva), tak turbíny dnes slouží výhradně k výrobě elektřiny.

Princip činnosti celé vodní elektrárny je mnohem jednodušší než u tepelných. Nepotřebuje žádné palivo, žádné úpravy vstupující energie, pouze využívá přirozený tok vody, který roztáčí turbínu napojenou na generátor produkující elektrickou energii. Důležitým faktorem při stavbě nových vodních elektráren je výběr vhodné turbíny, který závisí na okolních podmínkách a účelu stavby. [25] Vodní elektrárny lze rozdělit podle několika kritérií (viz tab. 3.2). [4]

Způsob vytvoření potřebného spádu		Velikost spádu	
Průtočné	- spád je tvořen jezem	Nízkotlaké	- spád do 20 m
Derivační	- umělé vyvedení vody mimo tok	Středotlaké	- spád 20–100m
Akumulační	- spád je tvořen přehradou	Vysokotlaké	- spád nad 100 m
Přečerpávací	- přečerpávání vody ze dvou nádrží		
Slapové	- spád tvořen přílivem a odlivem		

Tab. 3.2 – Rozdělení vodní elektráren podle kategorií [4]

V závislosti na těchto kritériích se volí vhodný hlavní článek celé vodní elektrárny a to turbína. Mezi nejvyužívanější se řadí reakční typy různých modifikací. Jedná se například o Kaplanovu turbínu s nastavitelnými lopatkami, která dosahuje několikanásobně vyšší rychlosti otáčení než je rychlost proudění vody a proto je vhodná pro menší spády o velkém průtoku. Patří sem i Francisova turbína, která se využívá v přečerpávacích elektrárnách, z důvodu reverzí funkce, kdy je schopná fungovat i jako čerpadlo. Pro vysoké spády je využívána Peltonova turbína, na kterou voda vstupuje pomocí trysky jen v určitých částech. U tohoto typu je obvodová rychlost nižší než celková rychlost proudící vody (viz obr. 3.9). Vodní turbíny dosahují účinnosti až 95 % a patří technicky k nejdokonalejší mechanickým motorům. [26]



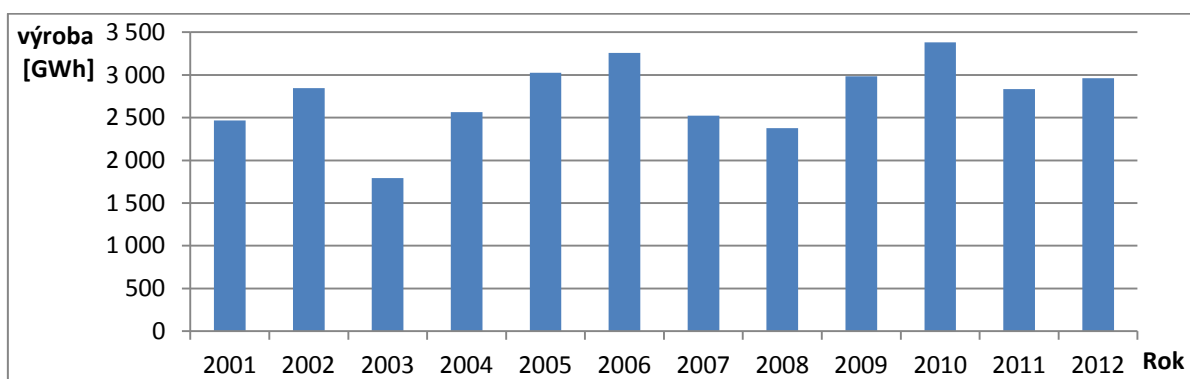
Obr. 3.9 – Základní typy moderních vodních turbín: A – Kaplanova, B – Francisova, C – Peltonova [25]

3.2.2 Vodní elektrárny v ČR

Česká republika, tak jako u všech typů obnovitelných zdrojů, není vhodnou lokalitou pro stavbu velkých vodních elektráren. Z důvodů výskytu především menších řek, které postrádají potřebný spád a dostatečné množství vody, se zde staví vodní elektrárny menšího výkonu. Tyto elektrárny ovšem v rámci doplňkových zdrojů jsou potřebné a důležité, přestože jejich podíl na celkové výrobě elektřiny je nízký. Dokážou poměrně v krátkém časovém úseku rychle najet na potřebný výkon. Většina větších elektráren u nás leží na toku řeky Vltavy, tzv. vltavská kaskáda tvořící soustavu přehrad. Mezi významné elektrárny patří Dalešice a Dlouhé Stráně, které jsou přečerpávacího typu (viz tab. 3.3). Výroba elektrické energie z vodních elektráren každým rokem kolísá, jak lze vidět na grafu 3.2 [26]

Přečerpávací vodní elektrárny	Instalovaný výkon	Rok uvedení do provozu
Štěchovice II	45 MW	1948, (1996–rekonstrukce)
Dalešice	450 MW	1978, (2008–rekonstrukce)
Dlouhé Stráně I	650 MW	1996
Akumulační a průtočné vodní elektrárny	Instalovaný výkon	Rok uvedení do provozu
Lipno I	2 x 60 MW	1959
Orlík	4 x 91 MW	1961–1962
Kamýk	4 x 10 MW	1961, (2008–rekonstrukce)
Slapy	3 x 48 MW	1954–1955
Štěchovice I	2 x 11,25 MW	1943–1944
Vrané	2 x 6,94 MW	1936, (2007–rekonstrukce)

Tab. 3.3 – Přehled vodních elektráren provozované Skupinou ČEZ [15]



Graf 3.2 – Výroba elektřiny z vodních elektráren ČR [29]

3.3 Větrná energie

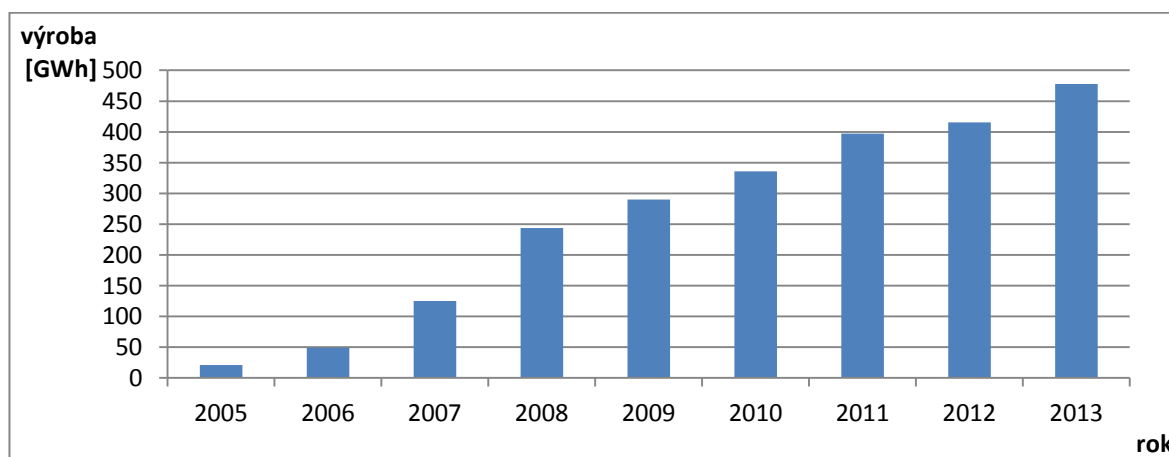
Nerovnoměrné zahřívání planety způsobuje rozdílnou teplotu a tlak vzduchu v jednotlivých vrstvách atmosféry. Teplý vzduch stoupá vzhůru a na jeho místo zaujímá ten studený, což je příčinou vzniku větru. Na vlastnosti tohoto proudění, ať už se jedná o rychlost nebo směr, má vliv více faktorů jako je rotace Země, specifický tvar krajiny nebo jeho rostlinný pokryv. Určitá místa na planetě jsou pro využívání tohoto zdroje lépe přizpůsobená a jiná zase méně stejně tak jako je tomu u sluneční nebo vodní energie. Díky relativně rovným vodním plochám mohou přímořské státy využívat větrný potenciál více než státy vnitrozemské, kde proudění vzduchu vlivem nerovnosti terénu klesá. [1]

3.3.1 Větrné elektrárny

Energie větru byla v historii využívána různými způsoby, ať už se jedná o prostředek pohonu v dopravě (plachetnice) anebo nahrazení lidské práce (větrné mlýny). Dnes slouží výhradně k přeměně na ušlechtilější formu energie, díky větrným elektrárnám. Zjednodušeně lze říct, že se jedná o velkou vrtuli umístěnou na stožáru, kdy vlivem aerodynamických sil působících na listy vrtule se začne celý rotor otáčet a předávat tak, přes převodovou soustavu, mechanickou energii generátoru. Celá soustava je vybavena pohyblivými prvky, které mají schopnost se natáčet podle potřeby, pro maximální využití větrného potenciálu. Větrné motory mohou být konstruovány s vodorovnou osou dosahující účinnosti až 48 %. Druhým způsobem je konstrukce s vertikální osou, kde účinnost dosahuje až 38 %. [25] Poměrně drtivá většina elektráren je tvořena prvním způsobem, kdy na rotor jsou napojeny tři lopatky, což je v závislosti na poměru rychlosti otáčení lopatek a rychlosti větru nejideálnější volba. Důležitým faktorem je i rychlost větru, přičemž využitelná část se pohybuje pouze v rozmezí 4–30 m/s. Výhodou je, že po dostavbě elektrárny nejsou potřeba již další náklady na její provoz, nevýhodou naopak je nestálost dodávek energie, které jsou závislé na momentálním proudění větru. [4]

3.3.2 Větrná energie v ČR

Na výrobě elektrické energie u nás se větrné elektrárny, ze všech obnovitelných zdrojů, podílí nejmenší částí. Je to dáno především lokalitou celé země, která až na pár výjimek neposkytuje potřebnou míru větrné energie. I přes to se u nás nacházejí projekty využívající tento zdroj, nacházející se např. v Krušnohorské nebo Jesenické lokalitě, případně i na Českomoravské vrchovině. [6] Tak jako u ostatních zdrojů tak i u větrné energie stoupá její podíl na výrobě elektřiny každým rokem, v roce 2013 se vyrobilo podle údajů z Energetického regulačního úřadu 478 GWh elektrické energie, což v přepočtu pokrývá spotřebu zhruba 138 000 domácností (viz graf 3.3). [29]



Graf 3.3 – Výroba z VTE z celé ČR [29]

3.4 Biomasa

Biomasu tvoří hmota organického původu. Pro energetické účely se jedná konkrétně o dřevo, dřevní odpad, slámu, zemědělské zbytky včetně exkrementů užitkových zvířat a také biologicky rozložitelná část průmyslového a komunálního odpadu. Vzhledem k budoucnosti je biomasa mezi nefosilními technologiemi jediným zdrojem, který může být jednoduše přeměněn na hmotné palivo pro dopravu, výrobu elektřiny a tepla. [28]

Biomasu lze rozdělit podle podílu vody, který je v ní obsažen, na suchou (např. dřevo) a mokrou (např. výkaly hospodářských zvířat). Podle toho se také odvíjí základní technologie zpracování, kdy termochemické přeměny jako je spalování, zplyňování a pyrolýza zpracovávají suché typy a biochemické přeměny jako je vyhnívání a kvašení pracují s mokrou biomasou. Zvláštní podskupinou pak tvoří oleje získané lisováním organické hmoty, jedná o mechanicko-chemickou přeměnu. [28]

Z důvodu různorodé struktury je biomasa, jako palivo, náročná na spalovací teplotu. Podle druhu kolísá její výhřevnost, kdy velmi záleží na vlhkosti daného paliva. Například dřevo s nulovým podílem obsahu vody má výhřevnost asi 5,2 kWh/kg (18,72 MJ/kg). [23] V praxi ovšem nelze dřevo zcela vysušit a zůstává v něm část vlhkosti, která se spalováním odpařuje, což má vliv na pokles výhřevnosti (viz tab. 3.4).

Druh paliva	Obsah vody [%]	Výhřevnost [MJ/kg]
listnaté dřevo	15	14,605
jehličnaté dřevo	15	15,584
dřevní štěpka	30	12,18
sláma obilovin	10	14,49
sláma řepky	10	16,00

Tab. 3.4 – Přehled vybraných paliv s obsahem vody a výhřevnosti [27]

Nejčastěji ve formě dřevní štěpky se biomasa spaluje v klasických elektrárnách spolu s energetickým uhlím. Pro průmyslové aplikace nebo systémy centrálního zásobování teplem jsou využívány kotle s výkonem nad 100 kW. Tyto zařízení využívají také kombinovanou výrobu tepla a elektřiny, tedy kogeneraci. [23]

3.5 Geotermální energie

Geotermální energií je označována tepelná energie vázaná v horninách nebo ve vodě pod zemským povrchem, kterou je možné získávat a využívat jako zdroj tepla nebo pro výrobu elektřiny. Voda je čerpána pomocí hlubinných vrtů na povrch, v případě získání energie ze suché horniny se provádí injektáž povrchové vody a její zpětné čerpání anebo usazení kolektorů přímo do země. [28]

V České republice se píše jedná o využití energie prostředí, pomocí tepelných čerpadel, která z okolí odebírají nízkoteplotní teplo a následovně jej převádí na vyšší teplotní hladinu. Topný faktor čerpadel se pohybuje v rozmezí hodnot 2,5 až 4 a závisí právě na teplotě nízkopotenciálního zdroje, ze kterého čerpá. Tepelná čerpadla sama energii nevytváří, ke svému chodu potřebují energii z jiných zdrojů. [4]

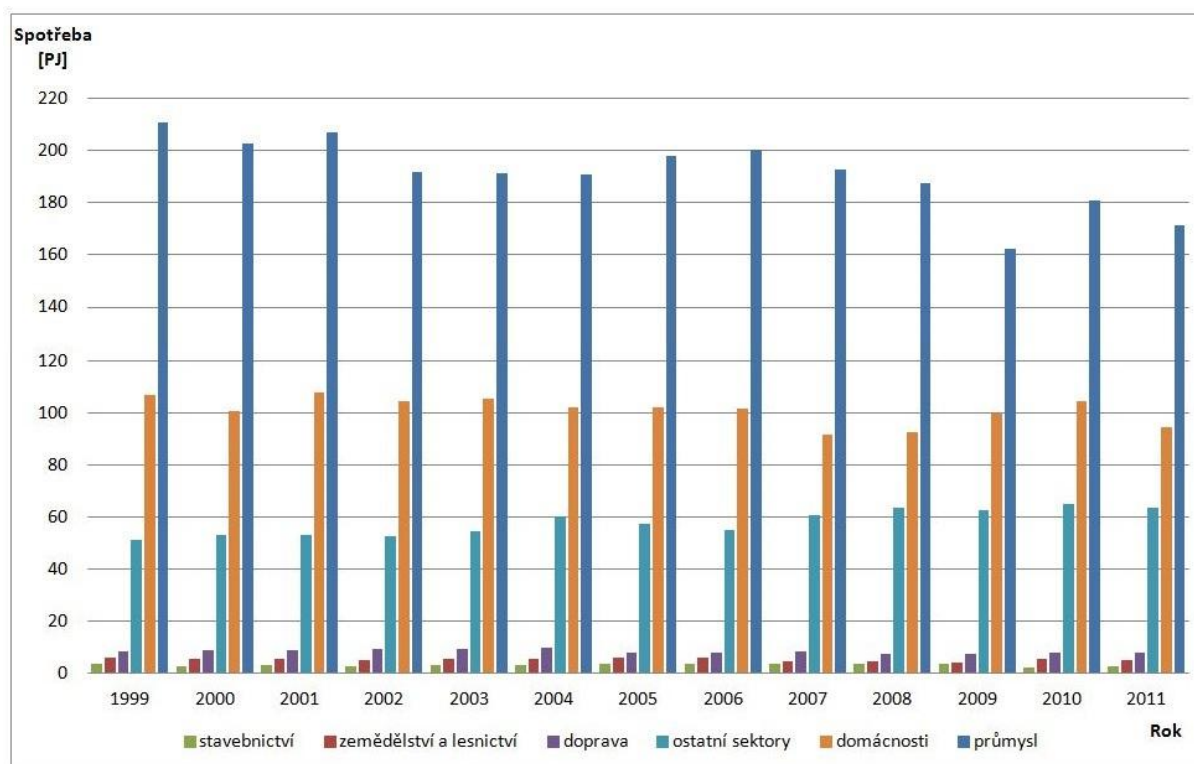
4 Spotřeba člověka

Společně s vývojem člověka se vyvíjí i jeho nároky na množství energie. Nejdříve je vhodné krátce vysvětlit pojem spotřeba, co obnáší a z čeho vznikl. Tak jako člověk, tak i každý organismus má své potřeby, které by autor označil jako subjektivní pocity nedostatku. Každý živý tvor musí přijímat kyslík a potravu, aby si zajistil správnou činnost životních funkcí a tím i celou svou existenci. Člověk rozvinul potřebu do masivnějšího měřítka a dal tomuto slovu nový význam. Už se nejedná o pouhou nutnost k přežití, ale o prostředek ke kvalitnějšímu životu, což směřuje ke slovu spotřeba, která je z pohledu autora vymezena jako užití zdrojů k okamžitému prospěchu, je to již vykonaná část potřeby.

Kromě potřebné potravy si člověk, jako první zdroj energie osvojil oheň, ze kterého získával teplo a světlo. S postupem času začal využívat zvířata, sluneční záření a jeho projevy, které dnes nazýváme obnovitelnými zdroji. Spotřeba se tak stává pro člověka více a více důležitým prvkem, což bylo umocněno objevením vysoce koncentrované energie ve fosilních palivech. Tu se naučil využívat v různorodých odvětvích spotřeby, což mělo za následek prudký rozvoj civilizace. Dokázal silně koncentrovanou energii uvolnit a přeměnit ji například na elektřinu. Vynalezl stroje, které elektřinu využívají a nahrazují velice efektně lidskou práci. Pro porovnání v jednom barelu ropy (zhruba 160 litrů) se v přepočtu skrývá 25 000 hodin lidské práce nebo také práce 12 dělníků za celý rok. [11] V dnešní době se vše přepočítává na peníze, a proto kdyby se měl člověk zamyslet nad tím, jestli investovat do ropy nebo do dělníka, odpověď na tuto otázku je zcela jasná. [1]

Pokud se mluví o spotřebě, jedná se většinou o tepelnou nebo elektrickou energii, která je dále přeměněna a využita pro vlastní prospěch. Tyto energie se, v rámci ČR a podle údajů Informačního systému statistiky a reportingu (viz graf 4.1), nejvíce využívají v oblastech průmyslové výroby. V tomto odvětví byl průběh spotřeby energií v letech 1999 – 2005 kolísavý. Od roku 2006, díky změnám ve strukturách průmyslu a snaze o energeticky úspornější technologie, docházelo ke každoročnímu poklesu spotřeby. V roce 2009, díky hospodářské krizi, která tento sektor znatelně zasáhla, nastal propad. Od roku 2010 i přes hospodářský růst je spotřeba energií v tomto odvětví mírně klesající. V průmyslové výrobě patří mezi nejnáročnější odběratele sekce věnující se zpracování kovů, chemikálií a petrochemikálií. Díky velkému množství spotřebované energie odcházející do sektoru průmyslu má Česká republika ve srovnání s jinými státy Evropské Unie vyšší procento spotřeby na jednoho obyvatele. Druhá nejvýznamnější oblast pro spotřebu v ČR jsou domácnosti. V roce 2011 bylo v tomto sektoru spotřebováno okolo 24,6 % celkové energie. Jelikož nejvíce energie se v domácnosti spotřebovává na vytápění, má na tuto spotřebu vliv především počasí. Pokud je tuhá zima, topí se více a tím je vyšší i spotřeba, tak jako v roce 2010. [8]

Dle Státní energetické koncepce ČR 2012 je možné odhadnou budoucí pokles spotřeby tepla vlivem rozšiřujících se úspor a snahy o šetření. Naopak je očekáván mírný nárůst ve spotřebě elektřiny způsobený přechodem systémů na elektřinu nebo narůstajícím počtem domácností a množství využívaných spotřebičů. [33] Vzhledem k stále narůstající populaci je navyšována i celková spotřeba energií. To by podle názoru autora mohlo mít v budoucnu negativní následky. Se zvyšující se spotřebou ubývá levně získatelné energie a pokud člověk nebude mít tuto energii k dispozici, bude nucen se omezovat, což dělá vždy nerad.

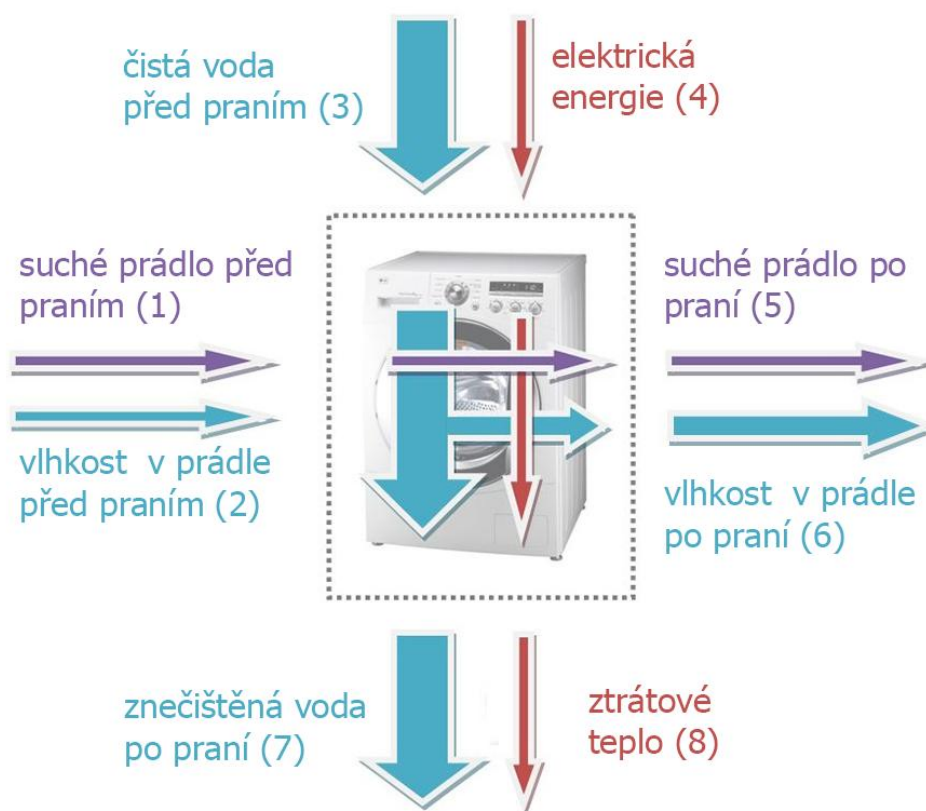


Graf 4.1 – Konečná spotřeba energií dle sektorů v PJ [8]

5 Energetická náročnost pracího cyklu

Praktická část práce se zabývá náročností pracího cyklu. Jak bylo řečeno v předchozí části, velký díl vyprodukované elektrické energie (také i tepelné) odchází do sektoru domácností, kde je spotřebována různými spotřebiči. Tyto spotřebiče jsou využívány každý den po celý rok a neustále vyžadují potřebnou dávku vstupní energie (příkonu) ve formě elektřiny. Jedná se o mnoho přístrojů, které člověk využívá. Jsou jimi spotřebiče v kuchyni, elektronika a jiné. Jako příklad byl zvolen prací cyklus, protože se jedná o běžný proces, který je využíván ve všech domácnostech několikrát za týden. Lze si na něm jednoduše vyzkoušet a znázornit tok jednotlivých energií.

Prací cyklus se skládá z několika kroků, jako je hlavní praní, máchání a následovné odstředění (lišící se od sebe v závislosti na zvoleném programu), u kterých byly zaznamenávány hodnoty veličin. Jednoduše lze celkový cyklus popsat obrázkem 5.1, kde schéma znázorňuje látkové a energetické proudy, které do cyklu vstupují a vystupují, přičemž proudy č. 4 a 8 jsou pouze energetické.



Obr. 5.1 – Zjednodušené schéma toku energií u pracího cyklu

V rámci měření byl zvolen prací program Bavlna s teplotou lázně v hlavním praní 60 °C a maximální náplní 5kg. Program se skládá se z hlavního praní (bez předpírky), dvou máchání a finálního odstředění prádla. [32] Jako náplň bylo zvoleno lehce vzorované ložní prádlo o celkové váze 3,95 kg.

Pro vyhodnocení naměřených veličin byly použity výpočtové vztahy a přibližný postup publikovaný v literatuře [35]. Hmotnost prádla na vstupu se skládá z hmotnosti suchého prádla a vlhkosti v něm obsažené (viz vztah 5.1), stejný vztah platí pro výstup (viz vztah 5.2).

$$m_{12} = m_1 + m_2 \quad [kg] \quad (5.1)$$

$$m_{56} = m_5 + m_6 \quad [kg] \quad (5.2)$$

Ze známé hodnoty měrné vlhkosti prádla (viz vztah 5.3) a celkové hmotnosti prádla bylo možné vypočítat jednotlivé hmotnostní složky prádla na vstupu (viz vztahy 5.4 a 5.5).

$$x_{2/1} = \frac{m_2}{m_1} \quad [kg_{H_2O}/kg_{s.pr.}] \quad (5.3)$$

$$m_1 = \frac{m_{12}}{1 + x_{2/1}} \quad [kg] \quad (5.4)$$

$$m_2 = m_1 \cdot x_{2/1} \quad [kg] \quad (5.5)$$

Pro výpočet spotřebované vody byl použit vztah 5.6, který udává součet hmotností vody, v jednotlivých krocích pracího cyklu. To stejné platí pro vodu vypouštěnou z cyklu (viz vztah 5.7). Dále pak ze známých dílčích hodnot hmotnosti a teploty bylo možné vypočítat výslednou teplotu (viz vztah 5.8)

$$m_3 = \sum_i m_{3i} \quad [kg] \quad kde \ i \in \{1,2,3,4\} \quad (5.6)$$

$$m_7 = \sum_i m_{7i} \quad [kg] \quad kde \ i \in \{1,2,3,4\} \quad (5.7)$$

$$m_7 \cdot t_7 = \sum_i m_{7i} \cdot t_{7i} \quad [kg] \quad kde \ i \in \{1,2,3,4\} \quad (5.8)$$

Pro ověření množství spotřebované vody, byly porovnávány výsledky vztahů 5.6 a 5.9, které by měli udávat stejnou hodnotu.

$$V_3 = V_{3fin} - V_{3ini} \quad [l] \quad (5.9)$$

Porovnáním energetických hodnot na vstupu a výstupu, není-li uvažována akumulace tepelné energie, lze dle vztahu 5.10, kde jednotlivé energie jsou vypočteny dle vztahu 5.11, zjistit tepelné ztráty do okolí (viz vztah 5.12, kde k je konstanta nabývající hodnoty +1 pro vstupující veličinu a hodnoty -1 pro vystupující veličinu). Měrná kapacita (viz vztah 5.11) pro suché prádlo nabývá hodnoty 1,162 kJ/kgK a pro vodu hodnoty 4,18 kJ/kgK. [35]

$$Q_{in} = Q_{out} \quad [kJ] \quad (5.10)$$

$$Q_s = c_{p_s} \cdot m_s \cdot (t_s - t_{ref}) \quad [kJ] \quad \forall s \in \{1,2,3,5,6,7\} \quad (5.11)$$

$$\sum_s k_s \cdot Q_s = 0 \quad [kJ] \quad kde \ s \in \{1,2,3,4,5,6,7,8\} \rightarrow Q_8 \quad (5.12)$$

Pro výpočet celkové hmotnosti vody vstupující a vystupující z cyklu, byly použity vztahy 5.13 a 5.14.

$$m_{H_2Oin} = m_2 + m_3 \quad [kJ] \quad (5.13)$$

$$m_{H_2Oout} = m_6 + m_7 \quad [kJ] \quad (5.14)$$

Dle předchozích vztahů (5.1 až 5.14) byly naměřené hodnoty zpracovány a výsledky zaneseny do tabulky 5.1.

celkové množství vody vstupující do cyklu	celkové množství vody vystupující z cyklu
32,2 kg	32,1 kg
měrná spotřeba vody	měrná spotřeba elektrické energie
8,72 kg _{H₂O} /kg _{s.pr.}	0,2 kWh/kg _{s.pr.}

Tab. 5.1 – Výsledné hodnoty měření

5.1 Dílčí závěr měření

Měřením byly zjištěny všechny vstupující a vystupující energie. Následně z energetické bilance (viz vztah 5.11) byla vypočtena zbývající energie Q_8 , která se ztrácí během praní ve formě tepla. Pokud by bylo možné naměřit i tuto hodnotu, bylo by zjištěno, že fyzikální zákon o zachování energie platí a žádná energie se nikam neztrácí, ale pouze přeměňuje z jedné formy na druhou. Hlavní praní využívá energii především na ohřev vody a pohon, další kroky jako máchání a odstředění ji spotřebovávají pouze na pohon. Z celkového množství elektrické energie Q_4 vstupující do cyklu bylo odhadnuto, že 0,16 kWh (576 kJ) je spotřebováno na pohon a 0,6 kWh (2 160 kJ) na ohřev vody při hlavním praní. Dále byla zjištěna hodnota celkové hmotnosti vody vstupující do cyklu a celková hmotnost vody z cyklu odcházející, tyto dvě hodnoty se přibližně rovnají (dle měření je na výstupu o 0,1 kg méně vody, která nebyla odčerpána a zůstala v pračce). Dále pak měrná spotřeba vody a měrná spotřeba energie jednoho pracího cyklu.

5.2 Návrh protokolu měření

autor: Jan Jančík
datum : 20.5.2014
místo: Velké Bílovice
čas: 17:45 – 19:35

měřený stroj: pračka Whirlpool AW 6520

vlastnosti: energetická třída A+
kapacita bubnu 5 kg
objem bubnu 45 l
max. otáčky odstředění 1 000 ot/min
roční spotřeba energie 167 kWh
hlučnost při praní 59 dB

měřený program: Bavlna (40–60–90 °C)

vlastnosti: program určen pro bavlněné prádlo
skládá se ze tří funkcí (hlavní praní, máchání a odstředění)
možnost výběru ze tří pracích teplot (byla zvolena teplota 60 °C)

měřicí přístroje:

wattmetr Paget trading 9149
venkovní teploměr
osobní váha Sencor SBS 3003
vestavěný vodoměr Elster M100

podmínky měření:

teplota okolí 20 °C
rel. vlhkost vzduchu 65 %

použitá náplň:

ložní, bavlněné lehce vzorované prádlo o celkové hmotnosti 3,95kg

**naměřená
a vypočítaná data:**

"s" číslo proudu	význam	t_s [°C]	m_s [kg]	Q_s [kJ]
1	suché prádlo na vstupu	20,0	3,657	87,8
2	vlhkost v prádle na vstupu	20,0	0,293	24,5
3	voda na vstupu	16,0	31,9	2 133,5
4	elektrická energie na vstupu	-	-	2 736
5	suché prádlo na výstupu	22,0	3,657	96,6
6	vlhkost na výstupu	22,0	2,4986	229,8
7	voda na výstupu	27,7	29,663	3 434,6
8	ztrátové teplo	-	-	1 220,8

Měřením byly zjištěny jednotlivé dílčí hodnoty vstupních veličin a následně spočteny (viz vztahy 5.1–5.13) hodnoty jejich energií, se kterými vstupují/vystupují z pracího cyklu. Bylo zjištěno, že zvolený prací cyklus Bavlna, při výše zmíněných podmínkách a množství prádla spotřebuje 31,9 kg vody a 2 736 kJ elektrické energie.

6 Závěr

V teoretické části práce shrnuje hlavní energetické zdroje využívané člověkem tradiční, ale i netradiční formou. Tyto zdroje energie jsou rozděleny do dvou hlavních kapitol (skupin), podle toho zda se jedná o neobnovitelné nebo obnovitelné zdroje a dále pak členěny do podkapitol, kde jsou detailněji rozebrány z více úhlů pohledu. Na první skupině je momentálně lidstvo téměř závislé, protože tvoří většinovou část celkové spotřebované energie ve světě. Druhá skupina se rozvíjí teprve posledních pár desítek let a autor práce se domnívá, že jimi nebude možné zcela nahradit neobnovitelné zdroje.

Další část práce se zabývá spotřebou člověka. V ní je rozebrán pojem spotřeba a popsán jeho vývoj v závislosti na vývoji člověka. Dále pak statistické údaje odběru energií v rámci České republiky, které jsou shrnuty a objasněny. V jejím závěru autor uvažuje o dopadech navyšující se spotřeby.

Praktická část je věnována měření náročnosti pracího cyklu v domácnosti. Prací cyklus byl vybrán záměrně z důvodu jednoduchého znázornění toku energií a naměření souvisejících veličin účastnících se procesu. V něm byly postupně měřeny hodnoty energií vstupujících a vystupujících z cyklu a z naměřených údajů byly poté vyhodnoceny jednotlivé spotřeby energie. Bylo zjištěno, že množství vstupující energie je téměř shodné v množství energie vystupující.

Seznam použitých zdrojů

- [1] AUGUSTA, P.: *Velká kniha o energii*. Editor Křítková, S. Praha: L.A. Consulting Agency, 2001, 583 s., fotogr. ISBN 80-238-6578-1.
- [2] CÍLEK, V.; KAŠÍK, M.; RULLER, T.: *Nejistý plamen: průvodce ropným světem*. 2., dopl. a aktualiz. vyd. Praha: Dokořán, 2008, 239 s., ISBN 978-80-7363-218-2.
- [3] Ostravsko-karvinské doly. [online]. [cit. 2014-04-04]. Dostupné z: <http://www.okd.cz/cs/tezime-uhli>
- [4] KŘENEK, V.: *Člověk a energie*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2006, 191 s. ISBN 80-704-3489-9.
- [5] RWE [online]. [cit. 2014-04-07]. Dostupné z <http://www.rwe.cz/cs/ozemnimplynu/zemni-plyn/>
- [6] Vítejte na Zemi [online]. [cit. 2014-04-07]. Dostupné z: <http://www.vitejtenazemi.cz>
- [7] Miniencyklopedie: Jaderná energetika. [online]. [cit. 2014-04-07]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/edee/content/microsites/nuklearni/nuklear.htm>
- [8] Výroba elektřiny a tepla. *Informační systém statistiky a reportingu* [online]. [cit. 2014-04-07]. Dostupné z: <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1560>
- [9] Skupina CEZ: *Výroba elektřiny* [online]. [cit. 2014-04-07]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny.html>
- [10] LIBRA, M.; POULEK V.: *Zdroje a využití energie*. 1. vyd. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007, 141 s. ISBN 978-80-213-1647-8.
- [11] *Až dojde ropa – drsné varování* [dokumentární film]. Režie GELPKE, B.; MCCOMARK, R.: Švýcarsko, 2006
- [12] BLAŽEK, J.; RÁBL, V.: *Základy zpracování a využití ropy* [online]. 2., přepr. vyd. Praha: VŠCHT, 2006, 254 s. [cit. 2014-02-17]. ISBN 80-708-0619-2. Dostupné z: http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-80-7080-619-2/pages-img/001.html
- [13] Petroleum. [online]. [cit. 2014-04-07]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz/>
- [14] *Surovinové zdroje České republiky: nerostné suroviny : (stav ...)*. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky, 1992-2010, 16 sv. ISBN 1801-6693. Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet/publikace/online/surovinove-zdroje/SUROVINOVE-ZDROJE-CESKE-REPUBLIKY-2009.pdf>
- [15] Vodní a tepelné elektrárny. [online]. [cit. 2014-04-07]. Dostupné z: <http://www.vodni-tepelne-elektrarny.cz/princip-tepelne-elektrarny.htm>
- [16] Uhlé elektrárny skupiny ČEZ [online]. [cit. 2014-04-04]. Dostupné z: http://www.cez.cz/edee/content/micrositesutf/odpovednost/content/pdf/cez_group_and_coal_power_plants.pdf
- [17] HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J.: *Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky*. 1. české vyd., 2. dotisk. Překlad Jan Obdržálek, Bohumila Lencová, Petr Dub. V Brně: Prometheus, 2006, vii, 1034-1198. ISBN 80-214-1868-0.

- [18] NOSKIEVIČ, P.: *Účinnost spalovacích zařízení* [online]. [cit. 2014-04-07]. Dostupné z: <http://vec.vsb.cz/userfiles/pdf/studijni-materialy/ucinnost.pdf>
- [19] PAVELEK, M.: *Přednášky z předmětu Termomechanika* [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://ottp.fme.vutbr.cz/users/pavelek/termo/>
- [20] A. S. HALL, Ch.: *Energy return on investment* [online]. [cit. 2014-04-07]. Dostupné z: http://energy-reality.org/wp-content/uploads/2013/05/09_Energy-Return-on-Investment_R1_012913.pdf
- [21] Výroba elektřiny v ČR. *Nazeleno* [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/energetika/vyroba-elektriny-v-cr-era-uhli-konci-nahradi-jej-jadro.aspx>
- [22] O sluneční energii. *Solarenavi* [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.solarenavi.cz/slunecni-kolektory/slunecni-energie/>
- [23] *Alternativní zdroje energie* [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.alternativni-zdroje.cz/>
- [24] Solární energie. *CEZ* [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/solar.htm>
- [25] *Obnovitelné zdroje a skupina ČEZ* [online]. [cit. 2014-04-04]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/edee/content/file/pro-media-2012/03-brezen/obnovitelne-zdroje-energie-a-skupina-cez.pdf>
- [26] *Vodní a tepelné elektrárny* [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.vodni-tepelne-elektrarny.cz/>
- [27] EkoWATT: Centrum pro obnovitelné zdroje s úspory energií. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-biomasy>
- [28] Biomasa. *Czech Renewable Energy Agency* [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/biomasa>
- [29] Energetický regulační úřad: Roční zpráva o provozu ES ČR za rok 2012. [online]. [cit. 2014-05-16]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/>
- [30] Institut geologického inženýrství: Ložiska ČR. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: http://geologie.vsb.cz/loziska/loziska/loziska_cr.html
- [31] Petervaldivia: Solar power. How to use its energy. [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.petervaldivia.com/technology/energy/solar-power.php>
- [32] Whirlpool. [online]. [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://www.whirlpool.cz/awe-6520>
- [33] Státní energetická koncepce ČR 2010-2030. *Databáze strategií: portál pro strategické zázemí* [online]. [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://database-strategie.cz/cz/mpo/strategie/statni-energeticka-koncepce-cr-2010-2030?typ=struktura>
- [34] Elektroenergetika ČR: Obnovitelné zdroje. *Energostat: Energetika v ČR a EU* [online]. [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: <http://energostat.cz/obnovitelne-zdroje.html>
- [35] BOBÁK, P. Snižování energetické náročnosti procesu profesní údržby prádla. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 95 s. Vedoucí dizertační práce prof. Ing. Petr Stehlík, CSc., dr. h. c.

Seznam příloh

[P.1] Výskyt a těžba uhelných zdrojů v rámci ČR

[P.2] Myšlenková mapa

Příloha P.1



Výskyt a těžba černého uhlí na území ČR



Výskyt a těžba hnědého uhlí na území ČR



Výskyt a těžba lignitu na území ČR

Institut geologického inženýrství: Ložiska ČR. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: http://geologie.vsb.cz/loziska/loziska/loziska_cr.html

Příloha P.2

